تاثیر برخی پرایمینگ‌های هورمونی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بالنگوی سیاه (*Lallemantia iberica* Fisch. & C.A.Mey) در شرایط تنش خشکی

طاهر همراهی[۱]، منصوره قوام[۲*]، علی طویلی[۳]

[۱]کارشناسی‌ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
[۲]استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
[۳]دانشیار، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۷

چکیده

در سراسر دنیا یکی از مهم‌ترین عوامل غیر زیستی و محدودکننده جوانه‌زنی و هم‌چنین رشد اولیه گیاهچه‌ها، تنش خشکی است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر پرایمینگ هورمون‌های شیمیایی بر بذر گیاه دارویی بالنگوی سیاه در مراحل اولیهٔ رشد و نقش آن در کاهش اثرات منفی تنش خشکی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار جداگانه درآزمایشگاه مرکز آموزش جهاد کشاورزی شهر تبریز طراحی و انجام شد. فاکتور اول پرایمینگ با اسید سالیسیلیک (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم برلیتر)، اسید آسکوربیک (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و اکسین (۵۰، ۱۰۰و ۱۵۰ ppm) و آب‌مقطر به‌عنوان شاهد و فاکتور دوم ۵ سطح خشکی (۰، ۰/۳-، ۰/٦-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال) با پلی‌اتیلین گلایکول٦۰۰۰ بود. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان‌داد که پرایمینگ و تیمارهای خشکی و اثرات متقابل آنها بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر بالنگوی سیاه اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد دارند. تنش خشکی تأثیر بازدارنده‌ای برخصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه داشت و عدم جوانه زنی در سطح خشکی ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال ثبت شد. لیکن تاثیر منفی این تنش‌ها در بذرهای پرایمینگ شده به‌مراتب پایین‌تر از بذور پرایمینگ نشده بود. بیشترین تأثیر به وسیله اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (۷۹ درصد جوانه‌زنی در سطح خشکی ۰/۳- مگاپاسکال) و کم‌ترین تأثیر توسط هورمون اکسین با ۱۳ درصد جوانه‌زنی در سطح خشکی ۰/۹- مگاپاسکال مشاهده شد. از این رو تیمار سالیسیلیک اسید بهترین تیمار برای کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر روی مؤلفه‌های مختلف جوانه‌زنی بالنگوی سیاه بود.

واژه‌های کلیدی: تنظیم‌کننده‌های رشد، خشکی، بذر، اسید سالسیلیک

مقدمه

در سراسر دنیا یکی از مهم‌ترین عوامل غیر زیستی و محدودکننده جوانه‌زنی و هم‌چنین رشد اولیه گیاهچه‌ها، تنش خشکی است (Kaya et al., 2006). خشکی می‌توانند در کاهش سرعت جوانه‌زنی و هم درصد جوانه‌زنی تأثیرگذار باشند و ناکافی بودن رطوبت لازم جهت جوانه‌زنی در لایه‌های سطحی خاک و به دنبال آن تنش خشکی در مرحله گیاهچه یکی از عوامل مهم در عدم استقرار مطلوب گیاهچه در مناطق خشک هست (Paulsen, 1987). یکی از پیآمدهای رایج ناشی از تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب در بستر بذر می‌باشد. پتانسیل منفی بالای آب خصوصاً در

*نویسنده مسئول: mghavam@kashanu.ac.ir

مراحل اولیه جوانه‌زنی، منجر به‌کاهش جذب آب توسط دانه و مانع تداوم فرآیندهای مربوط به‌جوانه‌زنی می‌شود (Boydak et al., 2003) افزایش تنش‌خشکی قابلیت دست‌رسی به آب را کاهش داده و اثرات نامطلوبی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و هم‌چنین رشد گیاهچه‌ها خواهد داشت (Kaya et al., 2006). تنش محیطی خشکی از طریق محدود کردن جذب آب توسط بذر، تاثیر بر فراهمی مواد ذخیره‌ای بذر و یا با ایجاد اختلال در نقش ترکیبات ساختاری و تولید پروتئین ها در جنین در حال رشد، در عمل جوانه‌زنی اختلال ایجاد می‌کنند (Voigt et al., 2009). مطالعات مختلف بر روی گیاهان دارویی خانواده نعناعیان از جمله بر روی آویشن دنایی، آویشن کوهی و آویشن کرمانی (Bahrininejad, 2012)، آویشن باغی و آویشن دنایی (Ghavam, 2019)، بر روی نعناع فلفلی و نعناع معمولی (Ghavam, 2018) و بر روی بادرنجبویه (Nozarpour et al., 2017) حاکی از کاهش درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر کاهش پتانسیل آب بوده است

برای مقابله با آثار ناشی از تنش خشکی محققان به دنبال راه‌کارهایی برای کاهش اثرات نامطلوب آن‌ها هستند، به‌طوری‌که گزارش کرده‌اند، افزایش تحمل گیاهان از راه‌های مختلف شامل به نژادی و استفاده از تنظیم کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه باروش‌های به نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی شامل اسید سالیسیلیک (Salicylic acid) و اسید جاسمونیک (Jasmonic acid) آسان‌تر و ارزان‌تر است (El-Tayeb, 2005). هورمون‌های رشدی که به طور نرمال برای پرایمینگ بذر مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل، اکسین‌ها (NAA, IBA, IAA، جبرلین‌ها (GA)، کینیتین، اسید آبسزیک، پلی آمین‌ها، اتیلن، برسینولاید، سالیسلیک اسید و آسکوربیک‌اسید هستند (Ashraf and Foolad, 2005). پرایمینگ می‌تواند خطر استقرار کم در رویشگاه‌های تحت تنش‌های خشکی و شوری را کاهش داده و اجازه رشد یکنواخت در شرایط بارندگی نامنظم و خاک‌های شور را بدهد (Demir-Kaya et al., 2006). هاس و سانگ (Hus and Sung, 1997) گزارش کردند که پرایمینگ باعث افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانت از قبیل گلوتاتیون (Glutathione) و آسکوربات در بذر می‌گردد که این آنزیم‌ها پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه‌زنی کاهش می‌دهند و در نتیجه باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شوند. بیش‌تر مطالعات در زمینه پرایمینگ روی گیاهان زراعی متمرکز بوده (Rashid et al., 2006) و مطالعات اندکی بر روی گونه‌های دارویی انجام گرفته است (Afzal et al., 2006). اثرات فیزیولوژی و بیوشیمیایی گوناگونی از اسید سالیسیلیک بر سیستم‌های گیاهی مشاهده شده است که شامل افزایش جذب و انتقال یون، جوانه‌زنی بذر، نفوذ پذیری غشاء، تنفس میتوکندریایی، بسته شدن روزنه‌ها، انتقال مواد، سرعت رشد و سرعت فتوسنتز می‌باشد (Afzal et al., 2006). برخی منابع تاثیر اکسین (IAA) را بر شکست خواب بذر ناچیز می‌دانند، اما عده‌ای از محققان معتقدند اکسین نیز می‌تواند در تحریک جوانه‌زنی بذرها نقش داشته باشد (Bialek et al., 1992).

بالنگوی سیاه (*Lallemantia iberica* F. & C.M) که به خانواده نعناع تعلق دارد، گیاهی است یک‌ساله، تقریباً بدون کرک، به‌ارتفاع ۵۰-۱۰ سانتی‌متر (Zargari, 1990) که دانه‌های آن سرشار از روغن‌های خوراکی است (Megaloudi, 2006). در حال حاضر این‌گیاه جهت تولید دانه و نیز استخراج روغن و موسیلاژ کشت می‌شودبا خاصیت آنتی اکسیدانی می‌باشد (Amanzadeh et al., 2011). در زمینه جوانه‌زنی این گیاه مطالعات محدوی انجام شده است. رفیعی و همکاران (Rafiei et al., 2010) به منظور بررسی اثر شوری، خشکی و pH بر جوانه‌زنی بذر بالنگوی سیاه آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ٤ تکرار انجام دادند. مقایسه میانگین‌ها نشان‌داد که با افزایش خشکی درصد جوانه‌زنی طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن‌تر و وزن‌خشک کاهش یافت. همچنین مرادیان و

همکاران (Moradian et al., 2007) در بررسی پیش تیمار هورمورنی بر این گیاه در شرایط تنش خشکی از دو هورمون جبرلین و اسید آبسزیک در جهت کاهش تاثیر تنش استفاده کردند که نتایج ایشان حاکی از این بود که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به پیش تیمار جیبرلین (۹۱ درصد) بود که افزایش ۱/٤۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت.

از این‌رو با توجه به اهمیت و نقش گیاهان دارویی در صنایع مختلف و همچنین کمبود منابع آب و فراوانی خاک شور و مناطق خشک در کشور، لازم است با اعمال تکنیک‌هایی روی بذر این گیاهان، مدیریت صحیحی در تولید و پرورش این گونه‌های ارزشمند و افزایش عملکرد آن ها بکار گرفته شود. مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر برخی از پیش تیمارهای هورمونی بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه *L. iberica* در شرایط خشکی تدارک و انجام پذیرفت

مواد و روش‌ها

ابتدا بذر گونه *L. iberica* از بانک ژن مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی تهیه گردید. پیش از اجرای آزمایش ابتدا بذرها به وسیله هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به‌مدت ۱ دقیقه ضد عفونی و سپس چندین بار به وسیله آب‌مقطر آب‌کشی شدند و مجددا با محلول قارچ‌کش بنومیل ۲ درهزار به‌مدت ۱ دقیقه ضد عفونی شده و سپس با آب‌مقطر آب‌کشی شدند (Ghavam and Azarnivand, 2016). پیش تیمارها شامل اسید سالیسیلیک شامل سه سطح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌مدت ۱۰ ساعت، اسید آسکوربیک به‌مدت ۸ ساعت در غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و اکسین به‌مدت ۱٦ساعت در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ پی پی‌ام بود.

جهت تهیه محلول‌های سطوح خشکی از محلول پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ مرک آلمان استفاده گردید. برای محاسبه مقدار پلی‌اتیلن‌گلیکول مورد نیاز برای ایجاد فشار اسمزی از رابطه (Michel and Kaufmann, 1973) استفاد شد. سطوح خشکی عبارت بودند از: ۰، ۰/۳-، ۰/٦-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال.

$$\psi S= -(1.18 \times 10^{-2})\, C - (1.18 \times 10^{-4}) C^{2} + (2.67 \times 10^{-4}) CT + (8.39 \times 10^{-7})\, C^{2} T$$

ψs : پتانسیل اسمزی بر حسب بار (Bar)

C : غلظت پلی اتیلن ٦۰۰۰ بر حسب گرم برکیلوگرم آب (H2O g/kg)

T: درجه حرارت بر حسب سانتی‌گراد (C)

این مطالعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل در ٤ تکرار به‌اجرا درآمد. برای این منظور، تعداد ۲۵ عدد بذر گیاه مورد مطالعه به‌روش بین کاغذ داخل هر ظرف پتری قرار داده شده و به‌هر پتری مقدار ۱۰ میلی‌لیتر محلول با سطوح مشخص تنش اضافه شد. سپس درب پتری‌ها به وسیله پارا فیلم آب‌بندی شد (برای جلوگیری از خروج رطوبت و ورود قارچ‌ها و سایر بیماری‌ها)، سپس به‌درون انکوباتور با دمای ۲۵درجه سانتی‌گراد و با فتوپریود ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی برای اعمال جوانه زنی منتقل شدند. شمارش بذور سبز شده از روز دوم و به صورت روزانه و در ساعت معینی انجام گرفت. معیار ثبت اطلاعات جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر بود بود (Foley and Fennimore, 1998). شمارش تا زمانی ادامه یافت که افزایشی در تعداد بذور جوانه زده مشاهده نشد و این حالت به‌مدت سه‌روز متوالی ثابت ماند. درآخرین روز شمارش تعدادی به صورت تصادفی گیاهچه جهت اندازه گیری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن تر و خشک انتخاب شدند (Ghavam, 2018). برای اندازه‌گیری

طول گیاهچه‌های جوانه‌زده هر تیمار، از خط‌کش میلی‌متری استفاده شد. سپس گیاهچه‌ها در حالت تـر و وزن خشـک گیاهچه نیز پس از ٤٨ ساعت قرار گرفتن در عواری آزاد با ترازوی دیجیتالی توزین شد (Ghavam et al., 2018).

سپس صفات مورد بررسی بر اساس روابط زیر محاسبه شدند:

(Agrawal., 2003) GP=100×(ni/s))

GP: درصد جوانه‌زنی

ni: بذرهای جوانه‌زده در زمان ti

S :تعداد کل بذر

سرعت جوانه‌زنی (GR):

$$Vg = \Sigma \frac{Ni}{Di}$$ (Maguirw, 1962)

Vg= سرعت جوانه‌زنی بر حسب تعداد بذر در روز

Ni= تعداد بذر جوانه زده در هر روز

Di= شماره روز

میانگین مدت جوانه:

(Verma and Karan singh, 2005) MGT= ∑(ni× ti)/ ∑n

MGT میانگین مدت‌جوانه‌زنی (Mean Germintion Time)

ti:تعداد روزهای پس از جوانه‌زنی

∑n: تعداد کل بذرهای جوانه‌زده در دوره آزمون

ni: بذرهای جوانه‌زده در زمان

شاخص بنیه بذر

شاخص بنیه بذر= طول‌گیاهچه × درصد جوانه‌زنی نهایی (Agrawal., 2003)

طول‌گیاهچه =طول‌ساقه‌چه+طول‌ریشه‌چه

پس از محاسبه صفات مورد مطالعه، نتایج آزمایشگاهی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/٤ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و رسم نمودارها توسط نرم افزار اکسل اجرا شد. بـرای ایـن منظـور ابتـدا نرمـال بـودن داده‌هـا بـا آزمـون کولموگروف – اسمیرنوف بررسی شد و برای مقایسه میانگین‌ها در صورت همگنی واریانس‌ها از آزمون چند دامنـه‌ای دانکن استفاده گردید

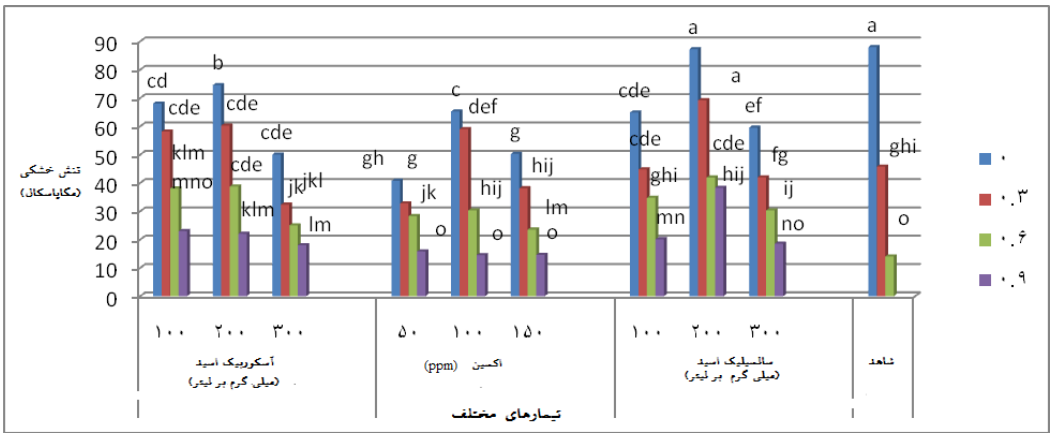
نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: نتایج حاکی از آن بود بین پتانسیل‌های مختلف تنش‌آبی، تیمارهای محرک‌رشـدی و اثـرات متقابـل آن‌ها اختلاف معنی‌داری درسطح احتمال یک‌درصد وجود دارد (جدول ۱). با اعمال پیش تیمارهای هورمونی از آثـار منفی تنش تا حد متعارفی کاسته شد به گونه‌ای که بذرهای پیش تیمار شده با غلظت‌های متفاوت در کلیه تیمارها قادر به‌جوانه‌زنی حتی تا تنش خشکی ۰/۹- مگاپاسکال بودند. سالسیلیک اسید در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتـر بـیش‌تـرین تاثیر را بر درصد جوانه‌نی این گیاه و حذف اثر منفی تنش داشت. این پیش تیمار، در سطح خشـکی ۰/۳- مگاپاسـکال

۳۵ درصد جوانه‌زنی را افزایش داد و باعث بازگشت کامل گیاه و حذف کامل اثر تنش شد تا آنجاکه بـا تیمـار شـاهد (آب مقطر، غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالسیلیک اسید و آسکوربیک اسید) از نظر آماری در یک گروه قـرار گرفـت. هم‌چنین در سطح خشکی ۰/۹- مگاپاسکال که بذور در شرایط عدم حضور پیش تیمار، هیچ‌گونه جوانـه‌زنـی نداشـتند در حضور این پیش تیمار به بالاترین مقدار نسبت به سایر پیش تیمارها قرار گرفتند. پس از سالیسیلیک اسید تیمـار بـا آسکوربیک اسید در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر نسبت به‌سایر تیمارها در رتبه دوم قـرار گرفـت و در سـطح خشـکی ۰/٦- مگاپاسکال با نتایج غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالسیلیک اسـید از نظـر آمـاری تفـاوت معنـی‌داری نداشـت و نسبت به سایر تیمارها در این سطح خشکی بهترین نتیجه را حاصل نمودند. نتایج تحقیق حاضر بـا یافتـه‌هـای زارع و همکاران (Zare et al., 2009)، در مطالعه تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر بهبود جوانه‌زنـی گیـاه تـوت روبـاه (*Sanguisorba minor* L.)، هم‌سو می‌باشد.

به‌گزارش یوون (Yoon, 1997) پرایمینگ باعث افزایش سرعت و یک‌نواختی جوانه‌زنی شده و به همین دلیـل بهبـود سرعت رشد گیاه، تسریع در تاریخ رسیدگی و افزایش کمیت و کیفیت عمل‌کرد را موجب مـی‌گـردد. پرایمینـگ بـذر بـا غلظت‌های مختلف هورمون‌های گیاهی موجب افزایش قابل ملاحظه جوانه‌زنی، رشد و عمل‌کرد محصـول در گونـه‌هـای مختلف گیاهان زراعی تحت شرایط نرمال و تنش گردیده است (Li et al. 1998; Hurly et al. 1991).

درگزارش دیگری نیز با مطالعه روی *Phaseolus vulgaris* و *Lesculentum lycopersicon*، بهبـود جوانـه‌زنـی را از طریق افزایش احتمالی ترشح بعضی هورمون‌های محرک جوانـه‌زنـی از جملـه آلفـا آمـیلاز و پروتئـاز درآندوسـپرم و افزایش جذب مواد به‌درون سلول گزارش کردند (Senaranta et al., 2000) به نظر می‌رسد که پیش تیمار بذر با اسـید سالیسیلیک با تحریک و انبساط سلولی و مهار فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن حاصل از تـنش خشـکی موجـب بهبـود جوانه‌زنی می‌شود (Wange et al., 2009). تغییرات ملایم و تدریجی درصد نسبی جوانه‌زنی بذرهای پیش تیمار شـده با اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد به‌نوعی شاخصی برای نشان‌دادن تحمل به تنش خشکی می‌باشد. این امکان وجـود دارد که اسید سالیسیلیک با تولید مواد اسمولیت مانند پرولین و گلایسین بتائین سبب تعدیل اسمزی در شـرایط تـنش خشکی می‌شود. هم‌چنین، این هورمون احتمالاً بـا تولیـد اسـید آبسـیزیک در شـرایط تـنش، نقـش مهمـی در تحمـل به‌خشکی گیاهان ایفا می‌کند (Moohamed et al., 2010).



نمودار۱: مقایسه میانگین اثرات متقابل انواع تیمارهای مورد استفاده تحت تنش خشکی‌بر روی درصد جوانه‌زنی ***L. iberica***

سرعت جوانه‌زنی: بر اساس جدول ۱ بین پتانسیل‌های مختلف تنش‌آبی، تیمارهای محرک‌رشدی و اثرات متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد وجود دارد. بر اساس یافته‌های آزمایش، با افزایش سطوح خشکی سرعت جوانه‌زنی در کلیه بذور پرایم شده و عدم پرایم کاهش محسوسی پیدا کرد، ولی در بذور پیش تیمار شده اثرات منفی تنش تا حدی پایین‌تر بود. تیمار با سالیسیلیک اسید ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در سطوح مختلف خشکی مگاپاسکال بیش‌ترین اثر را بر روی سرعت جوانه‌زنی داشت که پس از تیمار شاهد (آب مقطر و سالیسیلیک اسید ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در سطوح مختلف خشکی و تحت پیش تیمارهای مختلف، بالاترین میزان سرعت جوانه‌زنی در اثر اعمال همین پیش تیمار و نیز غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آسکوربیک اسید بر سطح خشکی ۰/۳- مگاپاسال بدست آمد. پایین‌ترین میزان میانگین سرعت جوانه‌زنی بذر نیز مربوط به تیمار سالسیلیک‌اسید با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم ، در سطوح تنش خشکی(۰/۳-، ۰/٦- و ۰/۹- مگاپاسکال) بود (نمودار ۲). یافته‌های زارع و همکاران (Zare et al., 2009) در مطالعه تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر بهبود جوانه‌زنی گیاه توت روباه (*Sanguisorba minor* L.) تحت تنش شوری و خشکی و هم‌چنین با نتایج فرهادی و همکاران (Farhadi et al., 2013) در بررسی اثر تنش خشکی و پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی بذر ماریتیغال (*Silybum marianum* cv.) تحت شرایط تنش خشکی هم‌سو می‌باشد.

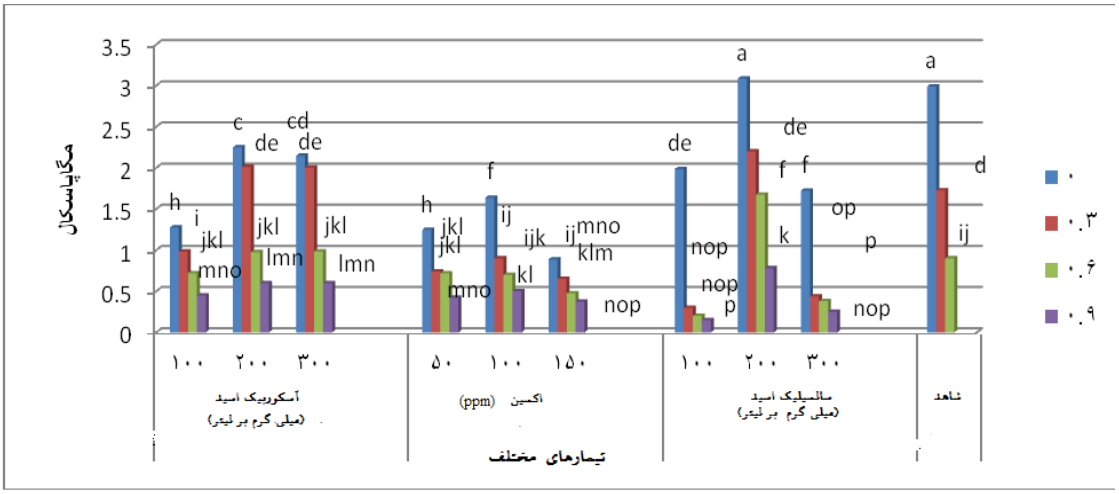
بسیاری از آزمایشات نیز کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر اعمال تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (Kafi et al., 2005). سرعت جوانه‌زنی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تحمل به تنش خشکی می‌باشد و در شرایط تنش خشکی، امکان سبز شدن و دست‌یابی به تولید کمی و کیفی گیاه را مهیا می‌کند. همان‌طوری‌که نتایج آزمایش نشان می‌دهد با افزایش تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب به‌آرامی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به‌آرامی انجام خواهند شد و در نتایج مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Motevali et al., 2003). درگزارش دیگری، چنانچه جذب آب دچار اختلال گردد و یا به‌کندی صورت گیرد، مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و سرعت جوانه‌زنی بذر کاهش می‌یابد (Smol et al., 1992).

تنش خشکی پارامترهای رشد در گیاهان دارویی نظیر ریحان (Kalil et al., 2010) و جعفری (Petropoulos et al., 2008) را کاهش‌داد. از طرف دیگر براساس گزارشات وانگ و همکاران (Wang et al., 2006) سالیسیلیک اسید در رفع آسیب‌های اکسیداتیو طی جوانه‌زنی دخالت دارد و موجب بهبود جوانه‌زنی می‌شود. هم‌چنین سالیسیلیک اسید باعث افزایش بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها می‌شود که این هورمون‌ها در تحریک جوانه‌زنی مؤثرند (Shakirova and Sahabutdinova, 2003).

بر مبنای گزارشات گوانز و همکاران (Gunes et al., 2007) تیمار با اسید سالسیلیک، آسیب ناشی از تنش خشکی را در گیاه ذرت بهبود بخشید. راسکین (Raskin, 1992) معتقد است که اسید سالسیلیک با تأثیر برروی هورمون‌ها بسیاری از روندهای سلولی را تنظیم می‌کند، از کاهش مقدار IAA وCK در گیاه جلوگیری کرده و از طریق افزایش ABA در ریشه، یک‌پیش تطابق به تنش خصوصاً تنش خشکی ایجاد می‌کند؛ این ماده از طریق اثر برروی پلی‌آمین‌هائی مانند پوتریسین و اسپرمیدین، باعث ایجاد کمپکس‌های پایدار با غشاء می‌شود و بدین ترتیب از غشاء حفاظت می‌کند. گزارش شده که اسید سالیسیلیک با اثرگذاری برروی آنزیم‌های اکسیدان مانند کاتالاز و پراکسیدازها، متابولیت‌هائی مانند اسید آسکوربیک و تنظیم کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین، اثرات ناشی از تنش

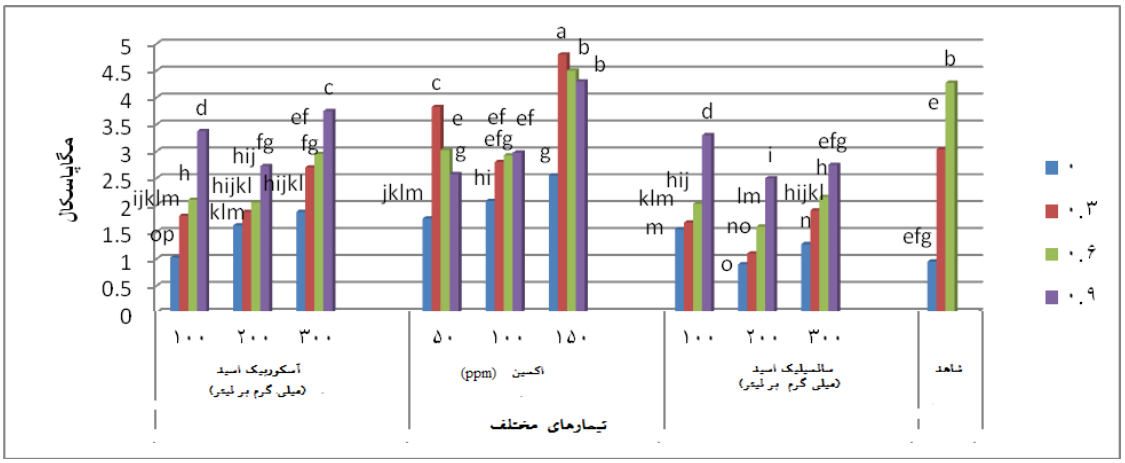
خشکی را به‌خوبی کاهش می‌دهد.

احتمالاً تأثیر مثبت پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی، بذر یکی از عوامل مؤثر براستفاده بیشتر و سریع‌تر گیاهچه از عوامل رشد بوده و سبب افزایش توسعه طول ریشه‌چه و ساقه‌چه درشرایط تنش خواهد شد. هم‌چنین فعالیت‌های متابولیکی انجام شده طی فرآیند، پرایمینگ تولید ترکیباتی مانند آنتی اکسیدان‌ها را درپی دارد که نقش مهمی در کاهش اثرات تنش و رشد بهتر گیاهچه خواهند داشت (Afzal et al., 2008).



نمودار۲: مقایسه میانکین اثرات متقابل انواع تیمارهای مورد استفاده تحت تنش خشکی بر روی سرعت جوانه‌زنی گیاه***L. iberica***

میانگین مدت‌جوانه‌زنی: نتایج حاصله از تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر میانگین مدت جوانه‌زنی تحت شرایط تنش خشکی نشان‌داد، اثرات ساده و متقابل تیمارهای رشدی و سطوح تنش آبی دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند (جدول ۱).



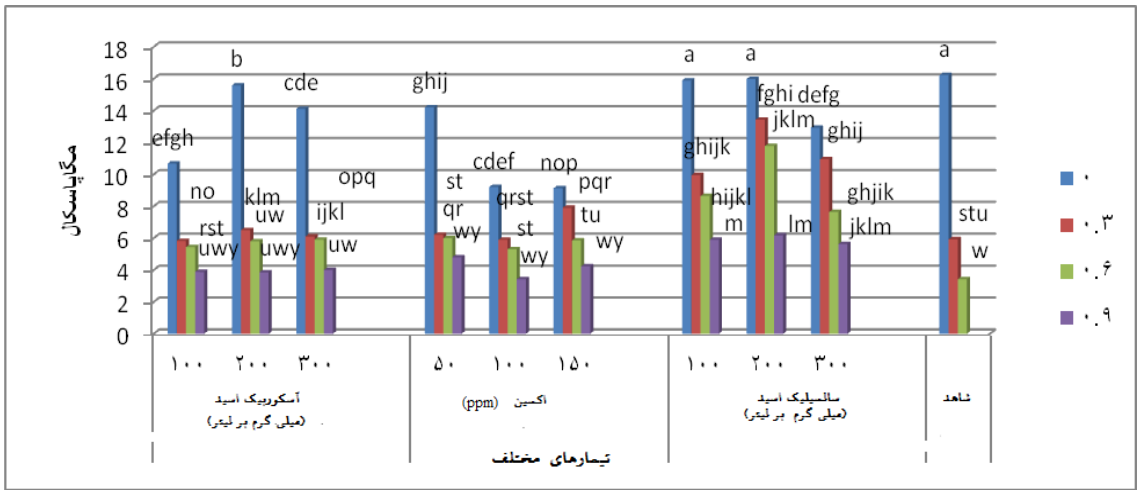
نمودار ۳: مقایسه میانکین اثرات متقابل انواع تیمارهای مورد استفاده تحت تنش خشکی بر روی میانگین مدت جوانه‌زنی گیاه ***L. iberica***

یافته‌ها نشان داد پایین‌ترین میانگین مدت‌جوانه‌زنی در تیمار عدم تنش مربوط به‌سالیسیلک اسید ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و آسکوربیک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم برلیتر و همچنین آب مقطر مشاهد شد. با افزایش تنش خشکی از مدت زمان جوانه‌زنی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت. به طوری که آثار منفی تنش در همه سطوح تیمار و شاهد به خصوص در سطوح تنش‌های بالاتر هویدا بود. ولی به‌واسطه تیمارهای اعمال شده از شدت اثرات منفی تنش کاسته شد (نمودار ۳).

بالاترین میانگین مدت جوانه‌زنی درغلظت ۱۵۰ ppm اکسین درسطح خشکی ۰/۳- مگاپاسکال حاصل شد. به نظر می‌رسد این پیش تیمار در این سطح خشکی نه تنها نتواسته اثر منفی تنش خشکی بر جذب آب را از بین ببرد حتی شرایطی را ایجاد نموده است که از آب‌گیری جلوگیری و ظهور ریشه‌چه را به تعویق انداخته است. میانگین زمان جوانه‌زنی نیز شاخص‌هایی از سرعت جوانه‌زنی محسوب می‌شود و ارزیابی زمان ظهور ریشه‌چه را نشان می‌دهند. کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی در تیمار با اسید سالیسیلیک (به خصوص غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و در سطوح خشکی ۰/۳- و ۰/٦- مگاپاسکال) در شرایط تنش‌آبی، در مطالعه پیش‌رو، با یافته‌های کبیری و همکاران (Kabiri et al., 2015) روی سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) و فاتح و همکاران (Fateh et al., 2012) روی (*Triticum durum*) هم‌خوانی دارد.

پتانسیل آب محیط مهم‌ترین پارامتر در شروع جوانه‌زنی بذر می‌باشد، در شرایط تنش خشکی، محدودیت دست‌رسی به‌آب موجب می‌شود که فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در بذر به‌کندی انجام شود و مدت زمان خروج ریشه‌چه افزایش یابد (Muscolo et al., 2007). در پرایمینگ بذرها با جذب آب یا محلول، هیدراته شده و مرحله دوم جوانه‌زنی را طی می‌کنند (انجام تقسیم سلولی و آمادگی برای ظهور ریشه‌چه) و زمانی‌که بعد از پرایمینگ در محیط رشد قرار می‌گیرند بذرهای پرایمینگ شده مرحله اول(جذب آب) و مرحله دوم جوانه‌زنی را در مدت زمان کوتاه‌تری طی کرده و وارد مرحله رشد یا مرحله سوم جوانه‌زنی می‌شوند(Pill, 1994). چنین به نظر می‌رسد که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک ازطریق افزایش تولید مواد فنولیک در دیواره سلولی و در نتیجه کاهش نشت آب سلول‌ها به‌کاهش مدت خروج جوانه از بذرکمک کند (Shu and Hui, 2008). هم‌چنین پایین‌تر بودن میانگین مدت‌جوانه‌زنی در اثر اعمال تیمارپرایمینگ نیز می‌تواند مربوط به‌پیشرفت بیش‌تر مراحل جوانه‌زنی در آن‌ها باشد که با سرعت بیشتر جذب آب‌همراه می‌باشد (Moradi et al., 2010).

طول ریشه‌چه: نتایج حاصله از تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر طول ریشه‌چه تحت شرایط تنش خشکی نشان‌داد، اثرات ساده و متقابل تیمارهای رشدی و سطوح تنش آبی دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند (جدول ۱).



نمودار٤: مقایسه میانکین اثرات متقابل انواع تیمارهای مورد استفاده تحت تنش خشکی بر روی طول ریشه‌چه گیاه *L.iberica*

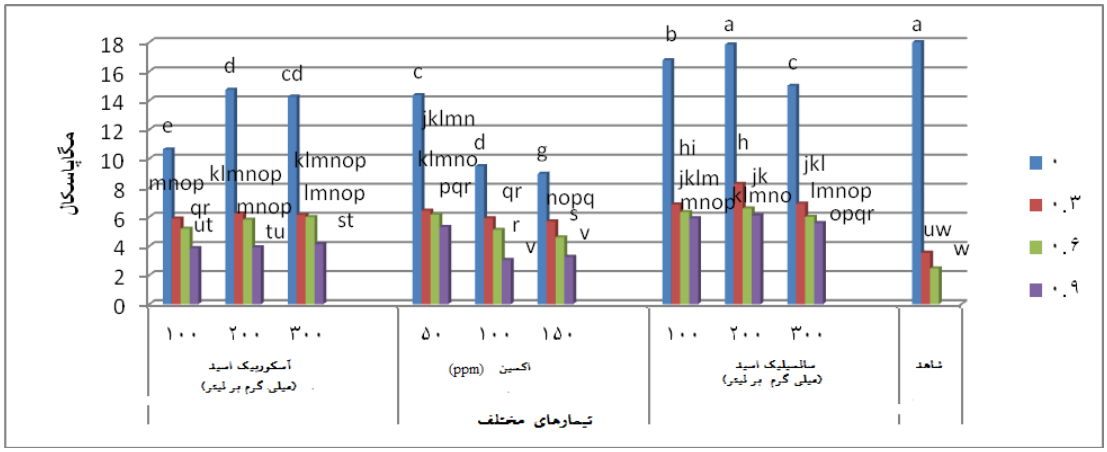
بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان دریافت تنش خشکی باعث کاهش طول ریشه‌چه در گیاه مورد مطالعه شد که رفیعی و همکاران (Rafiei et al., 2010) هم به نتایج مشابهی بر روی همین گیاه دست یافتند. از این‌رو کوتاه‌ترین میانگین طول ریشه‌چه نیز مربوط به تیمار شاهد در سطح تنش خشکی(۰/٦- مگاپاسکال) به دست آمد. بالاترین طول ریشه‌چه مربوط به شاهد(آب مقطر) بود که سایر تیمارهای عدم خشکی و با حضور پیش تیمارها کاهش طول ریشه‌چه مشاهده شد که در این میان سالسیلیک اسید و آسکوربیک اسید با غلظت ۲۰۰ کمترین کاهش را نشان دادند.

اما در سطوح تنش ، بهره‌گیری از تخفیف دهنده‌های اثرات منفی تنش در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری نشان‌داد. به‌نحوی که تیمار سالسیلیک اسید با غلظت ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب در سطح تنش خشکی(۰/۳- و ۰/٦- مگاپاسکال) بیش‌ترین میانگین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2015) در مطالعه اثر پیش تیمار بذر با سالسیلیک اسید در شرایط تنش شوری و خشکی برجوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه بادرنجبویه و زارع و همکاران (Zare et al., 2009) در بررسی تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی گیاه توت روباه (*Sanguisorba minor* L.) هم‌سو می‌باشد. هم‌چنین (Hanan, 2007) گزارش کرد که تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه‌چه در گیاه گندم و جو می‌شود.

بسیاری از مطالعات نیز دال بر کاهش طول ریشه‌چه در اثر اعمال تنش خشکی گزارش شده است (Uskabadi and Shimohamadi, 2002). اعمال پتانسیل آب و در نتیجه بروز تنش خشکی موجب کاهش جذب آب به وسیله بذر شده که این امر باعث اختلال در روند ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌های اثرگذار درجوانه‌زنی و رشد بذر شده و در نهایت موجب افت طول ریشه‌چه می‌شود. ریشه اولین اندامی است که با تنش خشکی مواجه می‌شود و مقدار زیادی انرژی دریافتی و ذخیره‌ای گیاه را صرف مقابله با تنش خشکی و سازوکارهای اجتناب از آن می‌کند. این‌عمل

باعث کاهش کارآیی ریشه برای تأمین عناصر مورد نیاز سایر اندام‌ها می‌گردد و در کل این عوامل می‌توانند موجب کاهش وزن خشک ریشه گردند (Safarnejad, et al, 2007؛ Galeshi et al., 2007). رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه از مهم‌ترین عوامل مؤثر در استقرار محسوب می‌شود به‌نحوی‌که اگر بذور قادر باشند ریشه‌چه و ساقه‌چه قوی تولید کنند استقرار آن‌ها سریع‌تر و بهتر صورت گرفته و توان رقابتی آن‌ها بیشتر خواهد بود.

طول ساقه‌چه: بر اساس نتایج جدول ۱، اثرات ساده و متقابل تیمارهای رشدی و سطوح تنش آبی دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند.



نمودار۵: مقایسه میانگین اثرات متقابل انواع تیمارهای مورد استفاده تحت تنش خشکی بر روی طول ساقه‌چه گیاه *L.iberica*

براساس نتایج به دست آمده با کاهش پتانسیل آب طول ساقه‌چه گیاه بالنکوی سیاه سیر نزولی پیداکرده است. به‌نحوی که در اثر کاهش آب از صفر به ۰/۹- مگاپاسکال کاهش ۸٤ درصدی در طول ساقه‌چه ایجاد شده است. این روند کاهشی در مطالعه رفیعی و همکاران (Rafiei et al., 2010) بر روی همین گیاه نیز بدست آمده است. بیش‌ترین طول ساقه‌چه در پتانسیل صفر در تیمار شاهد(آب مقطر و پیش تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) و کم‌ترین آن در پتانسیل ۰/٦- مگاپاسکال به‌طول ۲/٤٥ میلی‌متر در تیمار مذکور مشاهده گردید مشاهده شد.

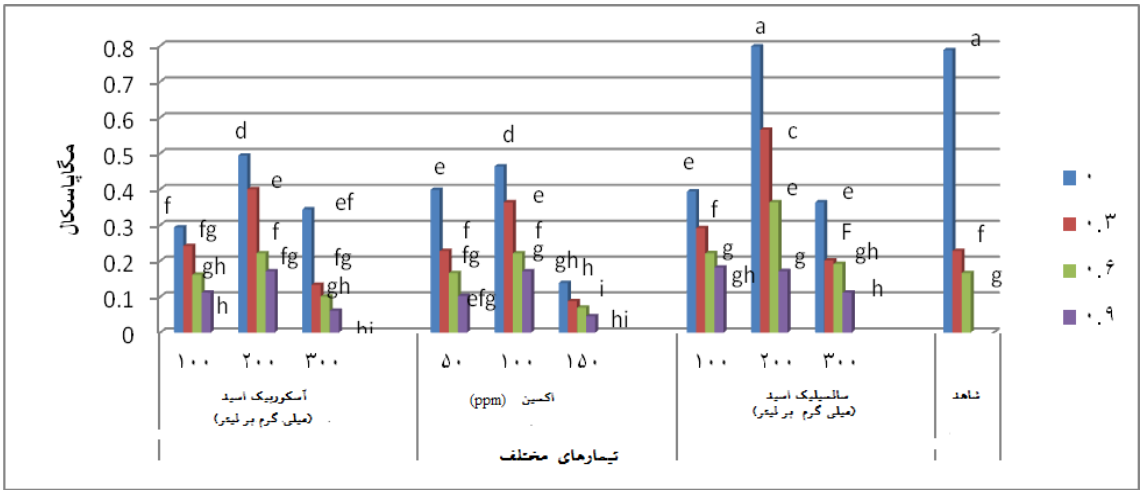
از علل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به‌جنین ذکر شده است. همان‌طورکه در نمودار(۵) مشاهده می‌شود با کاهش پتانسیل آب‌روند کاهشی درطول ساقه‌چه مشاهد گردید. چنین به نظر می‌رسد که کاهش جذب آب، به وسیله بذر دراثر اعمال پتانسیل‌های آب منجر به‌کاهش طول ساقه‌چه شد. برخی از محققین نیز واکنش متفاوت گیاهان نسبت به تنش خشکی را به‌عوامل مختلفی از جمله جذب کم‌تر آب توسط بذر نسبت دادند (De and K, 1994) . به‌طورکلی بذور جوانه‌زده در محیط‌هایی که تحت تأثیر شرایط تنش هستند دارای ساقه‌چه‌ها و ریشه‌چه‌های کوتاه‌تری هستند (Katergi et al.,1994).

در شرایط تنش، بالاترین طول ساقه‌چه تحت تاثیر پیش تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر درسطح خشکی ۰/۳- مگاپاسکال حاصل شد. در سطوح خشکی بالاتر هم همین پیش تیمار بهترین عمل‌کرد را داشت. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های کبیری و همکاران (Kabiri et al., 2015) در بررسی اثر تنش خشکی و تداخل آن با سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه زیره سیاه (*Nigrlla sativa*) و هم‌چنین با مطالعات خرم‌دل و همکاران (Khoramdel et al., 2011)، بررسی پرایمینگ با سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی

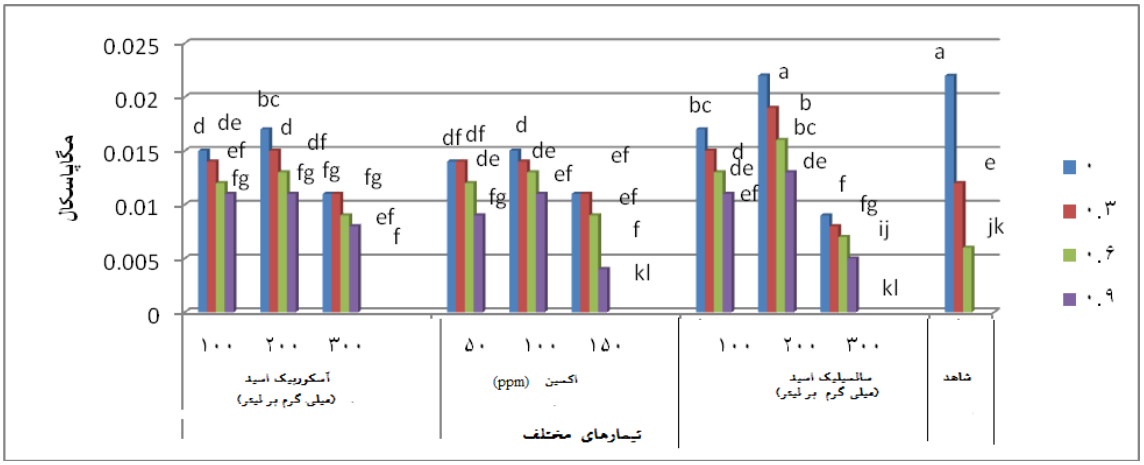
سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) هم‌سو می‌باشد.

نتایج بعضی از آزمایشات نیز کاهش طول ساقه‌چه را به‌دلیل اختلال در فعالیت‌های مؤثر در رشد بذر و هم‌چنین کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر اعمال پتانسیل اسمزی نشان داده است (Kafi et al., 2005). بنابر این کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش خشکی می‌تواند منجر به کاهش فرآیند فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر شده و در نتیجه مواد مورد نیاز برای رشد را با مشکل مواجهه سازد. پرایمینگ بذر به‌دلیل ایجاد یک‌سری تغییرات در جذب آب توسط بذرهای پرایم شده نسبت به بذرهای پرایم نشده، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه را تغییر می‌دهد که این میزان تغییر براساس گونه‌ها و شرایط متفاوت است (Souhani, 2007). اسید سالسیلیک با افزایش سرعت استفاده از مواد ذخیره‌ای بذر، موجب افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌شود (Kafi et al., 2010). نتایج برخی از آزمایشات نیز افزایش وزن خشک ساقه‌چه را در شرایط پیش تیمار با سالیسیلیک اثبات کرده است (Faroogh et al., and El-Tayeb, 2005 2006).البته همان‌گونه که بیان شد، این ماده در غلظت‌های مختلف تأثیرات متفاوتی را بر رشد دارد.

وزن تر و خشک: نتایج به دست آمده از مطالعه اثر تیمارهای مختلف برصفت وزن‌تر در شرایط تنش خشکی درجدول ۱ نشان از اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارهای محرک‌رشدی، سطوح تنش خشکی و متقابل آن‌ها در این آزمایش است.



نمودار ٦: مقایسه میانکین اثرات متقابل انواع تیمارهای مورد استفاده تحت تنش خشکی بر روی وزن‌تر گیاه ***L. iberica***



نمودار ۷: مقایسه میانکین اثرات متقابل انواع تیمارهای مورد استفاده تحت تنش خشکی بر روی وزن‌خشک گیاه ***L. iberica***

با توجه به نتایج بدست آمده افزایش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک گیاهچه بالنگوی سیاه شد که این روند کاهشی در مطالعه رفیعی و همکاران (Rafiei et al., 2010) بر روی همین گیاه نیز بدست آمده است. بالاترین وزن تر در تیمارهای شاهد (آب مقطر و سالیسیلیک اسید با غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) بدست آمد و کم‌ترین میانگین وزن‌تر و خشک نیز در تیمار اکسین ۱۵۰ پی‌پی‌ام در سطح خشکی ۰/۹- مگاپاسکال به‌دست آمد.

در سطح خشکی ۰/۳- مگاپاسکال اعمال پیش تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در قیاس با تیمار شاهد و سایر تیمارها باعث افزایش معنی‌داری در وزن تر و خشک گیاهچه شد و بیش‌ترین وزن‌تر گیاهچه را در این سطح خشکی و همچنین در مقایسه با تمام سطوح خشکی از خود نشان داد. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های فرهادی و همکاران (Farhadi et al., 2013)، با هدف بررسی اثر تنش خشکی و پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی بذر ماریتیغال و هم‌چنین کبیری و همکاران (Kabiri et al., 2015) در بررسی اثر تنش خشکی و تداخل آن با سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه زیره سیاه (*Nigrlla sativa*) هم‌سو می‌باشد.

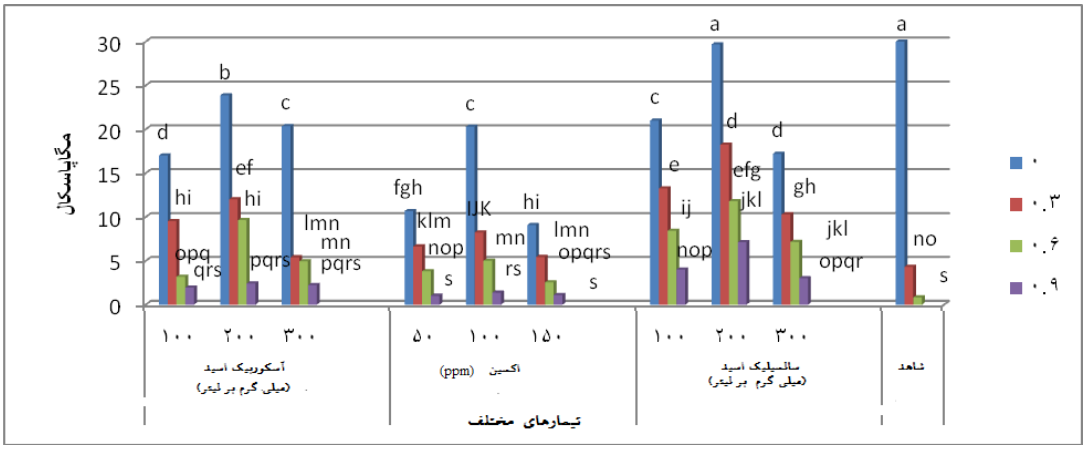
کاهش در وزن خشک گیاهچه در اثر تنش مربوط به‌کاهش در میزان رشد و کاهش در تقسیم سلولی می‌باشد. ولی با استفاده از تیمارهای پرایمینگ رشد گیاهچه بیش‌تر شده و تقسیم سلولی به‌دلیل افزایش انرژی افزایش می‌یابد. نهایتاً وزن خشک گیاهچه هم اثر افزایش می‌یابد. اثر منفی کاهش پتانسیل آب بروزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل گیاهچه توسط سایر محققان نیز تایید شده است (El-Sharkawi, 1988; erinvase and Bhatt, 1990, 1998).

بر اساس نتایج بدست آمده افزایش سطوح تنش خشکی سبب نقصان طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و در نهایت ماده خشک گیاهچه گردید. در شرایط بدون تنش ریشه‌ها قطورتر هستند در صورتی‌که در شرایط تنش با این‌که ریشه دارای طول مناسبی می‌باشد اما به‌دلیل این‌که نازک هستند، دارای وزن کمی می‌باشند که موجب کاهش عمل‌کرد ریشه و ساقه نسبت به‌شرایط بدون تنش می‌شوند. کاهش در وزن‌خشک گیاهچه در اثر تنش، مربوط به‌کاهش در رشد و کاهش در تقسیم سلولی می‌باشد. ولی با استفاده از تیمارهای پرایمینگ رشد گیاهچه بیشتر شده و تقسیم سلولی به‌دلیل افزایش انرژی بیشتر شده در نتیجه وزن خشک گیاهچه هم افزایش می‌یابد.

محققان زیادی بهبود سرعت جوانه‌زنی و خروج اندام هوایی از خاک را در بذور پرایم شده، به ویژه بذور ضعیف یا خسارت دیده در شرایط نامساعدی نظیر دمای زیاد یا خشکی گزارش کرده‌اند (Pill et al., 1994).. سالیسیلیک اسید (SA)نقش اساسی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و نمو گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند. تحقیقات نشان داده است که سالیسیلیک اسید سبب ایجاد مقاومت در گیاهان نسبت به تنش های محیطی(گرما، سرما، خشکی و شوری) می‌شود (Shakirava, 2002). در تقابل اثرات منفی تنش‌خشکی، با کاربرد هورمون‌های گیاهی به خصوص سالیسیلیک اسید موجب بهبود طول ریشه‌چه و اندام هوایی گیاهچه گردید که نهایتاً بر روی وزن ماده خشک موثر بود. اثر کاهنده سالیسیلیک اسید۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر می‌تواند ناشی از اثر محرک آن برتجمع ABA باشد (Shakiravi, 2003).

در آزمایشی بر روی گیاه چاودار کوهی نشان داده شده است که غلظت‌های مختلف از هورمون‌ها اثرات متفاوتی بر روی درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه نرمال، وزن‌خشک گیاهچه، طول گیاهچه و متوسط مدت‌زمان جوانه‌زنی دارند و با تغییر غلظت هورمون‌ها پاسخ بذرها به‌شرایط تنش متفاوت می‌باشد که این‌را می‌توان به حساسیتی که غلظت‌های مختلف ایجاد می‌کنند نسبت داد (Ansari, et al., 2013).

شاخص بنیه بذر: نتایج به دست آمده از مطالعه تأثیر تیمارهای مختلف بر بنیه بذر در شرایط تنش خشکی درجدول ۱ مبین اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای محرک‌رشدی، سطوح تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها است.



نمودار۸: مقایسه میانکین اثرات متقابل انواع تیمارهای مورد استفاده تحت تنش خشکی بر روی شاخص بنیه بذر گیاه *L.iberica*

نتایج به دست آمده حاکی از کاهش بنیه بذر همراه با افزایش تنش خشکی بود که بیشترین مقدار این شاخص در شرایط عدم خشکی و در آب مقطر و غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و کمترین مقدار آن در سطح ۰/٦- مگاپاسکال و همچنین غلظت‌های مختلف اکسین در سطح خشکی ۰/۹- مگاپاسکال رخ داد. این امر نشان می‌دهد که هورمون اکسین در سطح خشکی ۰/۹- مگاپاسکال شرایط را برای گیاه به سطح خشکی ۰/٦- مگاپاسکال ارتقا داده است.

استفاده از پیش تیمار اسید سالیسیلیک توانست قابلیت منفی تنش را کم‌رنگ‌تر سازد؛ به‌نحوی که در تمام سطوح خشکی بیش‌ترین بنیه بذر مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک اسید بود که در مقایسه نتایج با یافته‌های احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2015) در مطالعه اثر پیش تیمار بذر توسط اسید سالسیلیک در شرایط تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه بادرنجبویه هم‌سو می‌باشد.

در شرایط تنش خشکی به‌دلیل عدم وجود آب که خمیر مایه اصلی حلالیت ذخایر بذر و هم‌چنین عدم تجزیه و عدم دست‌رسی جنین به این ذخایر، موجب افت شاخصه‌های جوانه‌زنی می‌شود. در تحقیق حاضر این‌خلاء را با پیش تیمارسازی بذر با هورمون‌های گیاهی تا حد قابل قبولی جبران شد. احتمالاً سالیسیلیک اسید با حفظ یک‌پارچگی غشا و کاهش نفوذپذیری آن موجب به‌حداقل رساندن کاهش آب در طول تنش خشکی می‌شود و در نتیجه با افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند لیپاز و پروتئاز منجر به‌آزادسازی مواد ذخیره‌ای و تبدیل آن‌ها به‌مواد قابل انتقال (ساکارز و گلوکز) و بهبود قدرت و شاخص جوانه‌زنی می‌گردد (Mohammad et al., 2010).

قدرت جوانه‌زنی یکی‌از شاخصه‌های بسیار مهم در ارزیابی کیفیت بذر است و نقش تعیین کننده‌ای در جوانه‌زنی و سبز شدن یک‌نواخت تحت شرایط تنش و بدون تنش دارد. شاخص بنیه بذر به غیر از عامل درصد جوانه زنی، وابسته به طول ساقه چه و ریشه چه است (Ghavam and Azarnivand, 2016). به عبارت دیگر دیگر بنیه یا قدرت بذر به‌توان تولید گیاهچه قوی و نرمال در کم‌ترین زمان ممکن گفته می‌شود که این‌صفت مهم‌ترین عامل مؤثر بر استقرار و

سبزشدن در مزرعه و به دنبال آن رشد گیاه می‌باشد که در نهایت به‌افزایش عمل‌کرد منجر می‌شود. بنیه بذر تحت تأثیر عوامل محیطی و شرایط نگهداری بذرها نیز قرار می‌گیرد (Hampton and TeKrony, 1995). به‌خاطر تاثیرات هورمونی سالیسیلیک است که در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی نشان می‌دهد و با افزایش آن مقدار مشخصی اثرات مثبت و از آن به‌بعد اثر منفی بر رشد دارد (Hanan, 2007). به نظر می‌رسد که پیش تیمار سبب سازگاری بیشتر گیاه با تنش خشکی شده و به‌دلیل فعالیت بهتر برخی آنزیم‌ها در بذر، قابلیت دسترسی به‌موادغذایی در طول جوانه‌زنی در دانه‌های پرایمینگ شده آسان‌تر شده و این دانه‌ها قادر به کامل کردن فرآیند تنش‌های محیطی می‌گردند (Nonami et al., 2005).

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بالنگوی سیاه در شرایط تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین مدت جوان‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر	وزن خشک	شاخص بنیه بذر
پرایمینگ	۹	۲۳۹۷**	۲/۲٤٤**	۹/۳٤٥**	۱۲۲/۲۳**	۷۰/۷۸۸**	۰/۰۸٦**	۰/۰۰۰۳**	۲٥٥/۹۷**
خشکی	۳	۱٤۳٥٥/۰۷**	۱٥/۱۰۸**	۱٤/۳۹**	۳٥٦/۲۱**	۸۷۸/٥٦۷**	۰/۰۲۸**	۰/۰۰۰۷**	۱۷۲۹/۱٦**
پرایمینگ در خشکی	۲۷	۱۹۹/٥٥**	۰/۸۰۳**	۰/۸۸۸**	۸/۳۸**	۷/۰۲٤**	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۰۱**	۲۳/۷۹**
خطا	۱۱۷	۱/۲٥۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۳	۰/۷۰٦	۰/۱۲۸	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۳	۱/۲٥۳

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ns: غیر معنی دار

نتیجه‌گیری کلی

مؤلفه‌های جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش خشکی به صورت خطی کاهش پیدا کرد. با این‌که در بذرهای پرایمینگ شده نیز با افزایش تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد، اما در همه سطوح تنش سرعت جوانه‌زنی بذرهای پرایمینگ شده بیش‌تر از بذرهای شاهد بود. بهبود صفات مختلف در بذرهای پرایم شده با مواد مختلف می‌تواند به‌دلیل افزایش سرعت تقسیم سلولی توسط پیش تیمارها باشد. در کل جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده نسبت به‌بذرهای شاهد زودتر آغاز شده و در نتیجه تحت تنش‌های محیطی این بذرها سریع‌تر استقرار یافته و زودتر از خاک خارج خواهند شد و مدت‌زمان کم‌تری در معرض آفات، بیماری‌ها و پاتوژن‌های خاک‌زی قرار خواهد گرفت. با توجه به این‌که سرعت جوانه‌زنی بذرهای پرایم شده در مقایسه با شاهد شتاب بیش‌تری داشتند، در نهایت در یک‌زمان معین نسبت به شاهد، ماده خشک بیشتری تحت تنش‌ها تولید کرده‌اند. افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه، بنیه بذر در سطح مناسب تیمار سالیسیلیک اسید به احتمال قوی به‌جهت تحریک فعالیت‌های متابولیکی در درون جنین باشد، به عنوان مثال موقع جذب آب، همانند سازی DNA، تحریک فعالیت RNA و در نتیجه پروتئین سازی، ترمیم غشای سلولی و افزایش هورمون‌های محرک جوانه‌زنی از جمله اتیلن، صورت گرفته که مجموعه این عوامل زمینه ساز جوانه‌زنی را فراهم نموده است. هنگامی‌که بذرهای پرایمینگ شده تحت شرایط ظهور جوانه قرار می‌گیرند، در قیاس با تیمار شاهد افزایش معنی‌دار در صفات یاد شده از خود نشان می‌دهند.

در این مطالعه نیز با بهره‌گیری از یافته‌ها و تجربیات سایر پژوهش‌گران و هم‌سو بودن نتایج مطالعه حاضر در کاهش اثرات منفی تنش خشکی، با استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر که بهترین نتیجه را در بین تیمارها دارا بود، به عنوان راه‌کاری مناسب و قابل دست‌رس و ارزان برای کاهش اثرات منفی تنش بر روی مؤلفه‌های جوانه‌زنی بالنگوی سیاه پیشنهاد می‌گردد.

References

Afzal, L., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S. and Ahmad, G. 2004. Enhancement of germination and emergence of Canola seeds by different priming techniques.Caderno de Pesquisa. Ser. Bio. Santa Cruz do sul.16: 19-34.

Afzal, A., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irafan, S. and Ahmad, G. 2006. Enhancement of germination and emergence of canola by different priming techniques. Garden depesquisa Bio. 16(1): 19-34.

Agrawal, R. 2003. Seed technology. Pub. Co. PVT. LTD. New Delhi. India.

Ahmadi, M., Safarzadeh, Z. and Shaban, M. 2015. Effects of salicylic acid pretreatment on seed germination and seedling growth characteristics in terms *Ocimum basilicum*. Seed Research, 3(16): 53-43.

Amanzadeh, Y., Khosravi Dehaghi, N., Gohari, A.R., Monsef-Esfehani, H.R. and Sadat Amin, GR. 1991. Popular medicinal plants of Iran. Ministry of Health Publications. Tehran. pp: 90-91.

Ansari, O., Azadi, M.S., Sharif-Zadeh, F. and Younesi, E. 2013. Effect of hormone priming on germination characteristics and enzyme activity of mountain rye (Secale montanum) seeds under drought stress conditions. J. S. Physio. Bioche. 9 (3): 61-71.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Presowing seed treatment, a shot gun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy. 88: 223-271.

Bialek, K., Michalczuk, L. and Cohen, JD. 1992. Auxin biosynthesis during seed germination in Phaseolus vulgaris. Plant Physiology. 100: 509–517.

Boydak, M., Dirik, H., Tilki, F. and Calikoglu, M. 2003. Effects of water stress on germination in six provenances

Demir-Kaya, M., Okcu, G., Atak. M., Cikili, Y. and Kolsarici. O. 2005. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (Helianthus annuus L.), European Journal of Agronomy. 24(4): 291-295.

De Villiers, A.J., Van Rooyrn, M.W. and Can Deventer, H.A. 1994. Germination of three namaqualand pioneer species, as influenced by salinity, temperature and light. Seed Science and Technology. 22: 427-433.

El-Sharkawi, H.M., Farghali, K.A. and Sayed, S.A. 1989. Interactive of water stress, temperature and nutrients in seed germination of three deserts plant. Academic Press of Egypt

El-Tayeb, M.A. **2005.** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth enhance anti-oxidation of bitter gourd seeds germinated at sub-optimal temperature. Seed Sci. Regulation. 45: 215-225

Finch-Savage, W.E. and Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. New Phyto. 171, 501–523.

Foley, M.E. and Fennimore, S.A. 1998. Genetic basis for seed dormancy. Seed Science Research 8: 173-179.)

Foti, S., Cosentino, S. Patane, L. and Agosta. **G. 2002.** Effects of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (Sorghum bicolor(L.) Moench) under low temperatures. Seed Sci. & Technol.30:521-533.

Ghavam, M. 2018. Effect of Silver Nanoparticles on Seed Germination and Seedling Growth in *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak under Salinity Stress. Journal of Rangeland

Science. 8(1): 93-100.

Ghavam, M. 2018. Effect of different concentrations of silver nanoparticles on germination and growth of *Mentha piperita* L. and *Menthe longifolia* (L.) Huds species under drought conditions. Journal of Plant and Ecosystem. 55: 67-80.

Ghavam, M. 2019. Effect of silver nanoparticles on tolerance to drought stress in *Thymus daenensis* Celak and *Thymus vulgaris* L. in germination and early growth stages. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12(2): 555-566. doi: 10.22077/escs.2018.788.1287

Ghavam, M. and Azarnivand, H. 2016. Evaluation of seed vigor index of three plants of *Artemisia absinthium* L., *Arcitum lappa* L. and *Cichorium intybus* L. salinity conditions. Journal of Natural Ecosystems of Iran. 7(3): 39-49. (In Persian).

Ghavam, M., Soleimaninejad, Z. and Tavili, **A**. **2018**. Breaking of seed dormancy of Ducrosia anethifolia Boiss under different treatments. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal. 8 (30) :35-44

Hampton, J.G. and TeKrony, D.M. 1995. Hand book of Vigour Test Methods. International Seed Testing Association (ISTA). Zurich, Swirzt land

Hanan, E.D. 2007. Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of Triticum aestivum and Hordeum vulgare. Biol. Res. 1: 40-48.

Heidari Sharif Abad, H. 2000. Plant, dryness and drought. Research Institute of Forests and Rangelands. p200.

Hurly, R. F., Van Staden, J. and Smith, M.T. 1991. Improved germination in seeds of guayule (Parthenium argentatum) following polyethylene glycol and gibberellic acid pretreatments. Annals of Applied Biology. 118:175-184.

Hus, J.L., and Sung, J.M. 1997. Antioxidant role of glutatnione associated with accelerated agina and hydration of triploid Warermelon seeds. Physiologa Plantarum. 100: 967-974.

Kabiri, R. and Naghizadeh, M. 2015. The effect of Salicylic Acid on germination and primary seedling growth of Nigella (Nigella sativa) under salinity stress. Journal of seed science and technology of Iran, 1, 61-72.

Kafi, M., Nezami, A., Hosseini, V. and Masomi, AS. 2005. Physiological effects of stress caused by PEG on Germination of Lentil Genotypes. Iranian Journal of Crop Pzhvshhay. 3: 79-69.

Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cıkılı, Y. and Kolsarıcı, O. 2006.Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eur. J. Agron. 24: 291-295

Koornneef, M., Bentsink, L. and Hilhorst, H. 2002. Seed dormancy and germination.Current Opinion in Plant Biology 5: 33-36.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Jasim, H., Somasundaram, R. and Pannerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture & Biology, 11: 100-105

Li, M. and Leung, D.W.M. 2000. Starch accumulation is associated with adventitious root formation in hypocotyls cutting of Pinus radiate. Journal of Plant Growth Regulation. 19(4): 423-42.

Maguirw, I.D. 1962. Speed of germination _ arid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crops Sci. 2: 176-177.

Megaloudi, F. 2006. Plants and diet in Greece from neolithic to classic periods: the archaeobotanical remains, Oxford: Archaeopress. ISBN 1841719498.

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Physiol. Biochem. Plant. 132: 272- 281.

Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51(5): 914-916.

Mohamed, A., Tayeb, E.L. and Naglaa, A. **2010.** Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. American-Eurasian Journal of Agronomy, 3: 01-07.

Moradian, Z., Omidi, H., Karimi, T., Azadbakht, F. and Bazkani, R. 2017. The effect of hormonal pretreatment on germination and seedling growth indices of urban Balengo

(*Lallemantia iberica* F and C.M.) under drought stress. Seed Research, 7 (23): 21-29.

Nonami, H., Tanimoto, K., Tabuchi, A., Fukwjama, T. and Hashimoto, Y. 1994. Salt stress under hydroponic conditions causes changes in cell wall extension during growth. Hydroponics and Transplant Production, 396: 91-98.

Nozarpour, E., Tavakkol Afshari, R., Majnoun Hosseini, N. 2017. The interaction of salinity, drought and temperature on seed germination and seedling characteristics of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Seed Science and Technology, 5(2): 169-180.

Pill, W.G., Evans, T.A. and Krishnan, P. 1994. Priming improves germination and emergence of combine-harvested *Ameranthus cruentus* L. seeds. Hort. Sci. 29(6): 655-658.

Paulsen, G.M. 1987. Wheat stand establishment. wheat and wheat important American sSoc. Agron., USA.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol., 43: 439–463.

Rashid, A., Hollington, P.A., Harris, D. and Khan, P. 2006. On-farm seed priming for barley on normal, saline and saline sodic soils in NWFP, Pakistan. European journal of agronomy, 24(3):276-281.

Safarnejad, A., Salami, M.R. and Hamidi, H. 2007. Morphological characterization of• medical plants Plantago in response to salt stress. J. Pajouhesh and Sazandeg. 75: 152- 160. (In Farsi).

Shakirova, F.M. and Sahabutdinova D.R. 2003.Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic aicd and salinity. Plant Sci. 164: 317-322.

Shu, Y. and Hui, H.L. 2008. Role of salicylic acid in plant abiotic stress. Zeitschrift fur Naturforschung, Section C, Biosciences, 63: 5-6. 313-320.

Vashisth, A. and Nagarajan, S. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (Helianthus annuus) seeds exposed to static magnetic field. J. Pla. Phy. 167(2): 149–156.

Verma, S.K., Bjpai, G.C., Tewari, S.K. and Singh, J. 2005. Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. Legume Research. 28: 2. 143- 145.

Voigt, E.L., Almeida, T.D., Chagas, R.M., Ponte, L.F.A., Viégas R.A. and Silveira, J.A.G. 2009. Source–sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. J. Plant Physiol., 166: 80–89.

Wang, L.J. and Li, S.H. 2006. Thermo tolerance and related antioxidant enzyme activities induced by heat accumulation and salicylic acid in grape (*Vitis vinifera* L.) leaves. Plant Growth Reg. 48: 137-144

Wang, W.B., Kim, Y.H., Lee, H.S., Kim, K.Y. and Kwask, S.S. 2009. Analysis of antioxidant enzymes activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. Plant Physiology and Biochemistry, 47: 7. 570-577.

Yoon, B.Y.H., Lang, H.J. and Greg Cobb, B. 1997. Priming with salt solutions improves germination of pansy seeds at high temperaturers. Horticulture Science, 32: 248-250

Zare, S., Tavili, A., Shahbazi, A. and Riahi, A. 2010. The effects of different Salicylic Acid levels on the improvement of germination components of burnet under salinity and drought stress. Journal of Range and Watershed, 1: 29-39.

Zargari, A. 1992. Medicinal plants. Tehran University Publications.40.

Some hormonal priming effect on germination and seedling growth *Lallemantia iberica* Fisch. & C.A.Mey in drought stress conditions

T. Hamrahi[1], M. Ghavam[*2], A. Tavili[3]

[1]MSc. Student, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran .

[*]Corresponding Author: mghavam@kashanu.ac.ir

[3]Associate Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Abstract

One of the consequences of the prevailing drought, reduced water potential in the field of seeds. High negative water potential, especially in the early stages of germination, leading to reduced water uptake by seeds and prevent the continuation of the process of germination..This research is conducted to study the effect of priming by chemical hormones on the medicinal plant seed of Lallemantia in early growth stages, and also its effect on germination indexes and its role in the reduction of negetive effects of environmental stresses under draught conditions, in factorial form based on completely randomized design with four repeats, which was done in the labrotory of agricultural educational center of East Azarbijan, Tabriz in 2015. The first factor in both tests comprised priming with salicilic acid in three levels (100, 200, 300 mg/lit.), ascorbic acid (100, 200, 300 mg/lit), and oxin in three levels (50, 100, 150 ppm), and distilled water as control. The second factor comprised draught test with 5 levels of Ethylene glycol(0, -0.3, -0.6, -0.9, -1.2 megapascal). Lab results were analysed usind SAS software and statistical method of CRD. Variance analysis results showed that priming and draught treatments had significant effect on germination characteristics of Lallemantia seed at 1% sigificance level, while the negetive effect of these stresses on priming-received seeds was remarkabaly weaker than seeds whith no priming. Among all pre-treatments used, maximum effect on Lallemantia germination characteristics in stress conditions under study, attributed to salicilic acid 200 mg/lit., and minimum effect to oxin 50 ppm.

***Keywords*:** Chemical hormones, Draught, Seeds, Salicylic Acid